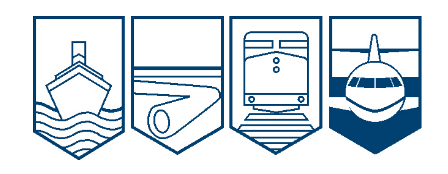
Bureau de la sécurité des transports du Canada
Transportation Safety Board of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A09W0037



RISQUE DE COLLISION
ENTRE LE BOMBARDIER CL-600-2D15 C-FDJZ
EXPLOITÉ PAR AIR CANADA JAZZ ET
DES VÉHICULES D'ENTRETIEN D'AÉROPORT (CAMIONS DE BALAYAGE DE NEIGE)
À L'AÉROPORT INTERNATIONAL DE WHITEHORSE (YUKON)
LE 6 MARS 2009



Rapport d’enquête aéronautique

Risque de collision entre le Bombardier CL-600-2D15 C-FDJZ exploité par Air Canada Jazz et des véhicules d’entretien d’aéroport (camions de balayage de neige) à l’aéroport international de Whitehorse (Yukon) le 6 mars 2009

Rapport numéro A09W0037

Sommaire

Le Bombardier CL-600-2D15 (immatriculation C-FDJZ, numéro de série 15041) exploité par Air Canada Jazz sous l’indicatif JZA447, reçoit l’autorisation d’effectuer une approche vers l’aéroport international de Whitehorse (Yukon) qui est situé en région montagneuse dans un environnement non radar. Au moment de l’événement, une tempête de neige hivernale traverse la zone. Le commandant de bord utilise le système de guidage tête haute pour effectuer manuellement une approche aux instruments vers la piste 31L. Au moment du contact initial, l’équipage ne fournit aucun rapport de position actuelle ni aucune estimation de l’heure d'arrivée à l’aéroport, et la tour de Whitehorse ne lui demande pas d’en fournir. Cette dernière demande à JZA447 de se rapporter à 10 milles en finale, et l’informe qu’une opération de balayage de la neige est en cours. L’équipage de JZA447 accuse réception de la demande. L’avion atterrit quelque 9 minutes plus tard, à 13 h 50, heure normale du Pacifique, après avoir survolé deux camions de balayage de neige qui travaillent sur la partie de la piste située avant le seuil décalé de la piste 31L. L’équipage n’a pas fourni de rapport de position à la tour de Whitehorse à 10 milles en finale et celle-ci ne lui a pas délivré d’autorisation d’atterrissage. Le bulletin météorologique émis 10 minutes après l’atterrissage indique un plafond à visibilité verticale de 600 pieds, une visibilité de ¾ mille terrestre dans la neige légère et la poudrerie avec une portée visuelle de piste de 4500 pieds.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Déroulement du vol

L'appareil JZA447 décolle de l'aéroport international de Vancouver (Colombie-Britannique) à 11 h 29[1] pour effectuer un vol régulier selon les règles de vol aux instruments (IFR) à destination de Whitehorse (Yukon) avec à son bord 54 passagers et 4 membres d'équipage. Le départ et la croisière du vol se déroulent normalement. Pour ce tronçon du vol, le copilote est le pilote aux commandes (PF) et le commandant de bord est le pilote non aux commandes (PNF).

À 12 h 46, au point de compte rendu DUXAR, le contrôle de JZA447 est transféré du centre de contrôle régional (ACC) de Vancouver au secteur Klondike (contrôleur du secteur Klondike) de la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord de l'ACC d'Edmonton. L'avion se trouve alors au niveau de vol (FL) 360[2]. Le contrôleur de l'ACC de Vancouver informe JZA447 que la couverture radar prend fin et lui donne l'instruction de contacter l'ACC d'Edmonton (ACC YEG).

À 12 h 47, JZA447 contacte le contrôleur du secteur Klondike et à 12 h 54 il reçoit l'autorisation de descendre jusqu'au FL340. À 12 h 59, le commandant de bord demande l'autorisation de se rendre directement à ELTAG, qui est le repère d'approche initial situé sur la trajectoire du radiophare d'alignement de piste pour la piste 31L à Whitehorse, à 18 DME (équipement de mesure de distance) au sud-est du VOR[3] de Whitehorse (voir l'annexe A). L'autorisation de route directe jusqu'à ELTAG est refusée parce qu'il y a à ce moment-là un trop grand volume de circulation IFR en direction de Whitehorse. Le contrôleur du secteur Klondike assure le séquencement de 4 arrivées IFR vers Whitehorse : un ATR-42 devant JZA447, ainsi qu'un Cessna Caravan et un Boeing 737 qui suivent JZA447.

À 12 h 56, le contrôleur du secteur Whitehorse de la sous-unité de l'espace aérien inférieur du Nord (contrôleur du secteur Whitehorse) contacte la tour de Whitehorse au moyen de l'interphone du contrôle de la circulation aérienne (ATC) pour lui fournir les heures d'arrivée prévues (ETA) des deux premiers vols en rapprochement. Selon ces estimations, l'ATR-42 doit atteindre le VOR de Whitehorse à 13 h 21 tandis que JZA447 doit l'atteindre à 13 h 31. Le contrôleur en service à l'aéroport de Whitehorse inscrit 13 h 31 (21 h 31, temps universel coordonné) comme ETA sur la fiche de progression de vol de JZA447 (voir l'annexe B), mais il n'y inscrit pas de référence à un repère pour cette ETA. Il n'était pas tenu de le faire en vertu du *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC) de NAV CANADA.

À 13 h 6, le contrôleur du secteur Klondike informe JZA447 que si le vol réussit à atteindre le VOR de Whitehorse à 13 h 36 ou plus tard, le temps d'attente sera alors réduit. Le commandant de bord accuse réception de l'information et demande s'il y a des approches interrompues

---

1 Les heures sont exprimées en heure normale du Pacifique (temps universel coordonné [UTC] moins 8 heures), sauf indication contraire.

2 Le niveau de vol 360 correspond à environ 36 000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

3 Aide à la navigation de type radiophare omnidirectionnel VHF.

actuellement à Whitehorse. Le contrôleur du secteur Klondike lui répond que le vol va très prochainement être transféré au contrôleur du secteur Whitehorse et lui suggère de reposer sa question à l'autre contrôleur après le transfert.

À 13 h 6, le contrôleur du secteur Whitehorse se sert de l'interphone ATC pour fournir au contrôleur aérien de Whitehorse une ETA mise à jour pour l'ATR-42, et informe le contrôleur aérien que JZA447 doit attendre un peu (« *hold for a bit* »). Le contrôleur aérien avise 3 camions de service d'aéroport sur la fréquence de contrôle sol que l'ATR-42 doit arriver dans 25 minutes et que le vol Jazz devrait suivre peu de temps après. Les camions en question procèdent alors au balayage de la neige sur la piste en service.

À 13 h 9, JZA447 est transféré au contrôleur du secteur Whitehorse, et est autorisé à emprunter la route directe jusqu'à ELTAG, et à descendre à 12 000 pieds au-dessus du niveau de la mer[4] lorsqu'il sera prêt à le faire. À 13 h 14, le contrôleur du secteur Whitehorse demande au commandant de bord quelle est la distance du vol par rapport à ELTAG selon son système de positionnement mondial (GPS). Le commandant de bord répond qu'il se trouve à 75 milles[5] de ELTAG, et le vol est autorisé à descendre à 16 000 pieds.

Vers 13 h 15, le copilote passe les commandes de l'avion au commandant de bord en prévision de l'approche que ce dernier doit effectuer manuellement à l'aide du système de guidage tête haute (HGS). Le copilote prend en charge les tâches dévolues au pilote qui n'est pas aux commandes (PNF), dont les communications.

À 13 h 16, le copilote rapporte que l'appareil quitte le FL340 pour descendre à 16 000 pieds. À 13 h 22, le contrôleur du secteur Whitehorse demande à JZA447 d'indiquer l'altitude qu'il franchit ainsi que sa distance GPS par rapport à ELTAG. Le copilote signale une distance de 26 milles, puis de 25 milles, sans toutefois faire référence à l'altitude qu'il franchit. Lorsque le contrôleur du secteur Whitehorse demande de nouveau l'altitude que le vol franchit, le copilote déclare qu'il franchit le FL220 pour atteindre 16 000 pieds. Le contrôleur du secteur Whitehorse autorise alors JZA447 à descendre jusqu'à 17 000 pieds et à se mettre en attente au sud-est, en rapprochement sur l'alignement de piste à ELTAG. L'heure prévue d'autorisation subséquente (EFC) est de 13 h 40. Le copilote relit l'EFC comme étant 13 h 45, et le contrôleur du secteur Whitehorse accuse réception du message comme étant correct.

À 13 h 24, le vol est autorisé à descendre jusqu'à 14 000 pieds. À 13 h 25, le vol est de nouveau autorisé à descendre, cette fois jusqu'à 11 000 pieds, tout en maintenant la même trajectoire avant d'amorcer les manœuvres pour l'attente. À 13 h 27, le copilote rapporte que l'appareil amorce le circuit d'attente à 13 000 pieds pour descendre à 11 000 pieds. Le contrôleur du secteur Whitehorse répond que le vol doit se trouver à 11 000 pieds, sur la trajectoire actuelle et demande à l'équipage de poursuivre sa route dans la même direction. À 13 h 31, le copilote signale qu'il est en attente à 11 000 pieds. À 13 h 32, le contrôleur du secteur Whitehorse autorise le vol à descendre à 10 000 pieds et à 13 h 33 le copilote rapporte que l'appareil est en palier à 10 000 pieds.

---

[4] Les altitudes sont exprimées en pieds au-dessus du niveau de la mer, sauf indication contraire.

[5] Les distances sont exprimées en milles marins (nm), sauf indication contraire.

Le vol qui précède JZA447 atterrit à 13 h 38 et le contrôleur du secteur Whitehorse autorise JZA447 à effectuer une approche vers l'aéroport de Whitehorse à 13 h 39. Le copilote relit correctement l'autorisation d'approche[6]. JZA447 n'informe pas le contrôleur du secteur Whitehorse du type de procédure d'approche qu'il a l'intention de suivre à Whitehorse, et le contrôleur ne le lui demande pas, car le choix de procédures d'approche est limité compte tenu du plafond bas et des mauvaises conditions de visibilité en vigueur. Le contrôleur du secteur Whitehorse donne alors à JZA447 l'instruction de contacter la tour de Whitehorse sur la fréquence 118,3 MHz et de faire rapport au centre à l'aide de la deuxième radio lorsqu'il quittera les 9000 pieds. Le copilote relit ainsi cette instruction : « *Contact eighteen three leaving niner thousand* » (Contacter dix-huit trois en quittant neuf mille). À ce moment-là, le vol se trouve sur la trajectoire d'éloignement du circuit d'attente et il s'apprête à virer sur la trajectoire de rapprochement.

À 13 h 39 min 35, le contrôleur aérien de Whitehorse est relevé pour prendre une pause. Au cours de l'exposé de transfert des responsabilités du poste, le contrôleur aérien relevé informe le contrôleur aérien de relève que l'ATR-42 qui vient d'arriver effectue présentement son roulage à l'arrivée, que 2 camions viennent de pénétrer sur la piste au niveau de la voie de circulation Echo (voie de circulation E) afin de poursuivre le balayage de la piste, que 3 autres aéronefs sont en rapprochement et qu'aucun d'eux n'a encore contacté la tour. Le contrôleur aérien expose également au contrôleur aérien de relève l'état de la surface de la piste. Le contrôleur aérien de relève n'est pas informé que JZA447 s'attend à devoir se mettre en attente avant d'atterrir.

Lorsque le vol est autorisé à se rendre à ELTAG, l'ETA de 13 h 31 pour atteindre le VOR devient invalide, puisque l'avion a modifié sa route et ne doit plus passer par le VOR. Cette information n'est pas transmise à la tour de Whitehorse et par conséquent l'ETA de 13 h 31 (21 h 31 UTC) qui a été inscrite sur la fiche de progression de vol n'est pas mise à jour. Il n'est pas exigé de façon explicite que l'information relative à la mise en attente soit transmise comme élément de la liste de vérifications de transfert de poste de la tour, mais pour des raisons de gestion des arrivées et d'écoulement du trafic, il aurait été préférable que le contrôleur relevé informe le contrôleur de relève que JZA447 s'attendait à être mis en attente. Le MANOPS ATC stipule qu'il faut informer le personnel de la tour lorsque des données préalablement communiquées ont été changées ou lorsqu'une estimation de contrôle diffère de 3 minutes ou plus de l'estimation préalablement communiquée[7].

À 13 h 41, le copilote de JZA447 contacte la tour de Whitehorse pour l'informer que le vol a reçu l'autorisation pour l'approche. Le contrôleur aérien de relève répond que la piste en service est la piste 31L, que les vents de surface soufflent du 310 degrés magnétique à des vitesses de 10 à 15 nœuds, et que le calage altimétrique est de 29,46 pouces de mercure. Le contrôleur aérien de relève demande à l'équipage de se rapporter à 10 milles de l'aéroport et l'informe qu'une opération de balayage de la neige est en cours. Le copilote répond qu'il va appeler à 10 milles en finale. Le contrôleur aérien de relève fournit ensuite le coefficient canadien de frottement sur

---

6 Aussi tôt que possible après avoir reçu ce type d'autorisation, le pilote a la responsabilité d'informer l'ATC du type de procédure d'approche aux instruments publiée qu'il a l'intention de suivre, de la piste d'atterrissage qu'il prévoit utiliser et de sa route prévue.

7 Rubrique 493.2 du *Manuel d'exploitation du contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC) de NAV CANADA.

piste (CRFI) et les rapports sur l'état de la surface de la piste (RSC). Il n'y a pas d'autre communication entre l'avion et la tour de Whitehorse ou le centre d'Edmonton jusqu'à ce que l'avion soit sur la piste.

L'équipage de conduite établit la référence visuelle requise avec la piste à une hauteur d'environ 300 pieds au-dessus de la piste et à environ 100 pieds au-dessus de l'altitude de décision. Le copilote, puis le commandant de bord aperçoivent les deux camions de balayage qui travaillent près du début de la partie de la piste située avant le seuil décalé. Selon ce qui a été rapporté, le copilote aurait informé le commandant de bord qu'il y avait des camions sur la piste et (peut-être avec moins d'assurance) que le vol n'avait pas reçu l'autorisation d'atterrir. Aucun des deux pilotes ne voit de véhicules à l'intérieur de la zone normale de toucher des roues ni au-delà de cette zone, et aucun des deux ne demande d'effectuer une remise des gaz. Le commandant de bord, sachant que le vol a reçu l'autorisation d'effectuer une approche, croit que les camions de balayage ont reçu l'ordre d'attendre sur place jusqu'à ce que le vol ait atterri, et choisit de poursuivre l'atterrissage, lequel se déroule sans autre incident.

Le seuil de la piste 31L avait été décalé de 1400 pieds. Le camion 81 et le camion 84 remorquaient tous les deux des appareils de balayage de la neige et ils travaillaient en tandem. Les camions avaient balayé une pleine longueur de la piste 13R et le camion 81 avait fait demi-tour dans la zone de virage du seuil décalé. Le camion 84 avait amorcé son virage lorsque le conducteur a aperçu l'avion en très courte finale. On a calculé que l'avion se trouvait à une hauteur de 126 pieds au-dessus de la surface du début de la piste, et on a estimé que l'avion est passé à environ 110 pieds au-dessus des camions avant d'atterrir sur la zone normale de toucher des roues de la piste, à quelque 2400 pieds au-delà des camions. À 13 h 49, le contrôleur du secteur Whitehorse demande à JZA447 sur la fréquence du centre de fournir son altitude de franchissement. L'avion ne répond pas et, à 13 h 50, le contrôleur aérien de relève informe le contrôleur du secteur Whitehorse que JZA447 a déjà atterri.

Avionique de bord

Air Canada Jazz a commencé à exploiter l'avion CL-600-2D15 (CRJ705) en mai 2005, en vertu de la sous-partie 705 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Au moment de l'incident, la compagnie exploitait 16 avions CRJ705, tous configurés pour transporter 75 passagers.

L'avion en cause était équipé d'un système de guidage tête haute (HGS-4200) fabriqué par Rockwell Collins. Le HGS est un système électro-optique qui affiche des données de vol et de navigation sur un viseur rétractable que l'on peut rabattre vers le bas, comme un pare-soleil, dans la partie gauche du champ de vision avant du pilote. Le viseur transparent combine les symboles du HGS avec la vision qu'a le pilote au travers du pare-brise (voir l'annexe D). Le système est certifié pour toutes les phases du vol et il répond aux exigences relatives aux décollages par faible visibilité et aux approches, atterrissages et courses à l'atterrissage manuels de Catégorie III. L'utilisation d'un HGS permet une maîtrise plus précise de l'aéronef tout en améliorant la connaissance de la situation du pilote.

Le HGS 2100 a été certifié en 1994, tandis que le HGS 4200 de deuxième génération destiné aux appareils CRJ705 a été certifié en 2002. Air Canada Jazz utilise les systèmes HGS 2100 et HGS 4200 depuis septembre 2001 et juillet 2006 respectivement, et aucun incident ou problème opérationnel reliés à ces systèmes n'a été signalé au cours de cette période.

L'avion était également équipé d'un système de gestion de vol (HGS-4200) double fabriqué par Rockwell Collins. L'interface du pilote avec le FMS se fait au moyen de deux tableaux de commande et d'affichage (CDU).

Conservation des données de l'enregistreur de la parole

L'avion était équipé d'un enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) et d'un enregistreur de données de vol numérique (DFDR). Les enregistreurs de vol n'ont pas été mis en sécurité après l'incident, et les données du CVR pertinentes à l'incident ont été perdues lorsque l'exploitation de l'avion s'est poursuivie. L'article 6 du *Règlement sur le BST* exige que le propriétaire, l'exploitant, le commandant de bord, tout membre d'équipage de l'aéronef et, lorsque l'accident ou l'incident comporte une perte d'espacement ou un risque de collision, tout contrôleur de la circulation aérienne qui le constate personnellement, fassent rapport au Bureau des détails de l'incident dès que possible et par le moyen le plus rapide à leur disposition. De même, l'article 9 du *Règlement sur le BST* exige que le propriétaire, l'exploitant et tout membre d'équipage de l'aéronef conservent et protègent, dans la mesure du possible, les éléments de preuve relatifs à l'événement à signaler.

L'incident s'est produit un vendredi après-midi. Étant donné l'escale à Whitehorse d'une durée d'environ 35 minutes, il aurait fallu prendre des mesures immédiates afin de protéger les données du CVR. Le BST a pris connaissance de l'incident le lundi suivant en analysant un courriel reçu vendredi soir au moyen du système de rapports d'événements d'aviation (AOR) de NAV CANADA (référence AOR 104912-V1). Air Canada Jazz n'a pas signalé l'incident au BST avant que ce dernier ne contacte la compagnie.

Renseignements sur l'aérodrome de Whitehorse

L'aéroport international de Whitehorse est un aéroport certifié exploité par le gouvernement du Yukon en vertu d'un Certificat d'aéroport de l'Aviation civile émis par Transports Canada. Lorsqu'un aéroport est certifié, l'exploitant est tenu de l'entretenir et de l'exploiter conformément aux normes pertinentes de Transports Canada. La piste 31L mesure 9497 pieds de longueur sur 150 pieds de largeur et sa surface est asphaltée. Le seuil de la piste 31L est décalé de 1400 pieds afin d'offrir une plus grande distance de décollage. L'altitude de l'aéroport est de 2317 pieds.

L'aéroport est situé dans un espace aérien de classe D où l'on applique des procédures non radar. La zone de transition IFR de l'aéroport s'élève jusqu'à 18 000 pieds et s'étend dans un rayon de 40 milles autour de l'aéroport. La zone de contrôle s'élève jusqu'à 5300 pieds et s'étend dans un rayon de 5 milles autour de l'aéroport.

L'aéroport est situé dans une vallée et est entouré de tous côtés par des montagnes qui s'élèvent jusqu'à environ 4000 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport vers l'est et à plus de 5000 pieds vers l'ouest. La distance entre ELTAG, le repère intermédiaire, et le seuil de la piste est de 21,4 milles et la différence d'altitude entre le point d'interception de la trajectoire de descente et la piste est de 6295 pieds (angle de trajectoire de descente de 3,0 degrés). En ce qui concerne la longueur d'approche et la différence d'altitude, l'approche ILS de la piste 31L à Whitehorse n'est pas une approche standard. Le repère d'approche finale est le radiophare Robinson, qui est situé à 16,8 milles du seuil de la piste. Lorsque l'on maintient une vitesse d'approche de 140 nœuds, il faut environ 9 minutes pour compléter l'approche à partir du repère d'approche finale.

L'aéroport est desservi par plusieurs aides de radionavigation, dont un VOR avec équipement de mesure de distance (DME), 4 radiophares non directionnels (NDB), un radiophare d'alignement de piste et un système d'atterrissage aux instruments (ILS). Le VOR/DME est situé à 5,8 nm au sud de l'aéroport, et il n'est pas dans l'axe de la trajectoire d'approche finale de la piste principale (13R/31L). Les choix d'approches IFR sont une approche NDB/NDB pour la piste 13R, une approche NDB/DME pour la piste 13R, une approche LOC(BC)/NDB/DME pour la piste 13R, et une approche ILS ou LOC/NDB/DME pour la piste 31L. Toutes les aides de radionavigation reliées à l'aéroport étaient en état de marche au moment de l'incident.

Exploitation du contrôle de la circulation aérienne à Whitehorse

La tour de contrôle de Whitehorse était exploitée quotidiennement de 7 h à 21 h. Les effectifs étaient conformes aux lignes directrices de l'unité au moment de l'incident. On a évalué que la charge de travail du contrôleur était légère et non complexe. Le jour de l'incident, il y avait 3 contrôleurs inscrits à l'horaire de travail; l'un d'eux occupait le poste de contrôle au moment de l'incident. Le contrôleur aérien relevé et le contrôleur aérien de relève occupaient tous les deux les postes combinés de contrôle d'aéroport et de contrôle sol.

Il n'y avait pas de poste voué exclusivement à la supervision à la tour de Whitehorse où l'on faisait plutôt appel à un spécialiste des opérations de l'unité (UOS) pour assurer la supervision, dans la mesure où le temps et les tâches supplémentaires lui permettaient de le faire. L'UOS faisait également passer les vérifications de compétences aux contrôleurs aériens. Les contrôleurs aériens de Whitehorse avaient la responsabilité de fournir les services ATC aux aéronefs qui évoluaient à l'intérieur de la zone de contrôle de classe D ainsi qu'aux aéronefs et aux véhicules qui évoluaient sur les pistes et les voies de circulation de l'aéroport.

Un Arrangement inter-unités, en date du 1er juillet 2000, précisait les responsabilités et établissait les procédures opérationnelles entre la tour de contrôle de Whitehorse et l'ACC d'Edmonton pour la fourniture des services de la circulation aérienne à l'intérieur de l'espace aérien de classe D de Whitehorse. Selon cet Arrangement, sauf coordination contraire, l'ACC d'Edmonton devait transférer la communication concernant un aéronef en route à la tour de Whitehorse 5 minutes avant que l'aéronef ne pénètre à l'intérieur de l'espace aérien de classe D de Whitehorse. En pratique, l'ACC d'Edmonton transférait la communication avec un aéronef IFR en rapprochement à la tour de Whitehorse dès qu'il n'y avait pas de conflit avec d'autres aéronefs IFR à l'arrivée ou au départ. Ce transfert de communication pouvait se faire en tout temps après qu'une autorisation d'approche avait été donnée, et ce, aussi tôt qu'au début de la

descente, alors que l'aéronef était en attente ou même en approche finale, selon les circonstances. Par conséquent, au moment du contact initial, un aéronef à l'arrivée pouvait se trouver à diverses positions. Le transfert de communication ne constitue pas un transfert de contrôle, mais il permet au contrôleur d'aéroport de transmettre en temps opportun à l'aéronef qui arrive des renseignements sur le trafic et l'aéroport, ainsi qu'une autorisation d'atterrissage. En conditions IFR, la responsabilité du contrôle d'un aéronef IFR à l'arrivée était automatiquement transférée de l'unité IFR à la tour après l'atterrissage de l'appareil, car la tour ne disposait d'aucun moyen pour vérifier visuellement la position de l'aéronef.

Puisque l'aéroport international de Whitehorse est situé dans un espace aérien non radar, les contrôleurs IFR de l'ACC YEG assuraient l'espacement entre les aéronefs IFR à l'aide de procédures opérationnelles. Les contrôleurs aériens de Whitehorse devaient élaborer et maintenir à jour une représentation mentale de l'emplacement des aéronefs IFR à l'arrivée, dans des conditions IFR, à l'aide uniquement des communications avec les aéronefs et des fiches de progression de vol, de manière à pouvoir coordonner les aéronefs à l'arrivée avec les aéronefs évoluant localement et les opérations de maintenance de l'aéroport.

Le MANOPS ATC exige que les contrôleurs d'unité IFR transmettent aux tours une ETA concernant les aéronefs à l'arrivée IFR au moins 15 minutes avant qu'un aéronef n'entre en communication avec la tour[8]. L'estimation portera sur la position de l'aéronef à la verticale de l'aide à la navigation d'une route adjacente, à la verticale de l'aide à la navigation servant à la procédure d'approche à utiliser, à l'aéroport ou en un point stipulé dans un Arrangement. Les ETA pour les vols IFR à destination de Whitehorse étaient fournies aux contrôleurs aériens de Whitehorse par l'ACC d'Edmonton au moyen d'un interphone ATC. Dans le cas des 4 appareils qui étaient à l'arrivée aux environs du moment de l'incident, le contrôleur du centre avait fait référence à un repère pour chaque ETA. Le repère pour l'ETA des deux premiers aéronefs à l'arrivée était le VOR de Whitehorse. Le repère pour l'ETA pour les deux autres aéronefs à l'arrivée était ELTAG. Le MANOPS ATC exige que le transfert des communications radio se fasse immédiatement avant que l'aéronef pénètre dans la région de responsabilité du contrôleur récepteur, sauf coordination contraire, ou selon ce qui est précisé dans un Accord ou un Arrangement[9]. Le MANOPS ATC n'exige pas que l'on communique la position de l'aéronef au moment du transfert de communication de l'unité IFR à la tour.

Les équipages de conduite des vols IFR à l'arrivée fournissaient souvent d'office un rapport de position au moment du contact initial avec la tour de Whitehorse. Les contrôleurs aériens de Whitehorse demandaient habituellement un rapport de position d'un aéronef à l'arrivée au moment du contact initial lorsqu'ils ne pouvaient pas voir l'aéronef en question ou lorsque ce dernier n'en avait pas fourni. Même si la procédure était facultative, le fait de demander un rapport de position lorsque la position d'un aéronef était inconnue permettait aux contrôleurs aériens de Whitehorse d'avoir une meilleure connaissance de la situation.

Au moment de l'incident, aucune procédure écrite ne précisait comment les contrôleurs aériens de Whitehorse devaient s'y prendre pour établir une connaissance de la situation des aéronefs à l'arrivée en conditions IFR. À Whitehorse, pour établir la connaissance de la situation, les

---

8 Article 493.1 du MANOPS ATC de NAV CANADA.

9 Article 494.1 du MANOPS ATC de NAV CANADA.

contrôleurs s'en remettaient essentiellement à leurs techniques personnelles et à leur bon jugement acquis par l'entraînement, et ce, afin de maintenir une certaine souplesse dans les opérations. Les techniques visant à acquérir et à maintenir la connaissance de la situation étaient enseignées lors de la formation de base et pendant la phase de qualification sur place de la formation.

Les contrôleurs aériens émettaient normalement une autorisation d'atterrissage sans attendre de demande de la part des aéronefs en rapprochement[10].

Rédaction des fiches de progression de vol

Dans les opérations ATC, les fiches de progression de vol sont l'un des principaux outils utilisés par les contrôleurs de la circulation aérienne pour consigner la progression d'un vol, surtout dans les environnements de procédures non radar. Les fiches aident les contrôleurs à ordonner les aéronefs à l'arrivée et au départ ainsi qu'à reconnaître et à évaluer les conflits potentiels. Les fiches de progression de vol de NAV CANADA contiennent 18 cases et les contrôleurs aériens peuvent y inscrire jusqu'à 24 éléments d'information distincts, de même que diverses barres obliques pour indiquer que l'information a été transmise (voir l'annexe B).

Les fiches de progression de vol à la tour de Whitehorse sont remplies à la main par les contrôleurs aériens, à mesure qu'ils reçoivent les données de l'ACC d'Edmonton. La fiche de progression de vol de JZA447 contenait 9 éléments d'information inscrits dans 7 cases. L'ETA consignée sur la fiche de progression de vol ne faisait pas renvoi à un repère, ce qui n'était pas exigé en vertu du MANOPS ATC. La fiche de progression de vol indiquait le numéro du vol et le type d'aéronef, et elle contenait suffisamment d'information pour déterminer l'ordre d'arrivée prévue de JZA447. Alors que l'article 493.2 du MANOPS ATC exige que les estimations soient mises à jour si elles diffèrent de 3 minutes ou plus, l'ETA originale de JZA447 n'a été mise à jour en aucun temps avant l'atterrissage de l'avion. Le contrôleur aérien de relève considérait que les ETA consignées sur les fiches de progression de vol de la tour n'étaient pas précises et, par conséquent, il ne s'est pas fié à elles pour gérer les aéronefs à l'arrivée. Les contrôleurs aériens de Whitehorse utilisaient parfois la minuterie de turbulence de sillage[11], laquelle peut être réglée pour donner un signal après un nombre de minutes précis, afin d'accroître leur perception de l'écoulement du temps (« horloge interne »).

Volume de trafic à Whitehorse

Au cours des années 2004 à 2008 inclusivement, il y a eu en moyenne par année à l'aéroport international de Whitehorse environ 24 000 mouvements d'aéronef[12] pour les vols de passage et

---

10 Article 344.2 du MANOPS ATC de NAV CANADA.

11 La minuterie de turbulence de sillage est utilisée par les contrôleurs aériens afin de mesurer avec plus de précision l'espacement de turbulence de sillage requis entre les aéronefs pendant les opérations.

12 Le MANOPS ATC de NAV CANADA définit un mouvement d'aéronef comme étant tout décollage, tout atterrissage ou toute approche simulée par un aéronef.

locaux combinés. Ce volume correspond à une moyenne d'environ 66 mouvements par jour. Globalement, ce volume de trafic est relativement faible pour un aéroport doté d'une tour de contrôle, et la charge de travail d'un contrôleur peut varier considérablement au cours de la journée en fonction du volume.

Opérations de déneigement à Whitehorse

Les lignes directrices relatives à l'entretien des surfaces pendant la saison hivernale à l'aéroport international de Whitehorse se trouvent dans le plan d'action de déneigement de Whitehorse. Ce plan d'action stipule que toutes les pistes, voies de circulation et aires de trafic pavées doivent être dégagées selon une norme acceptable à l'aide d'une combinaison d'opérations de déneigement au camion chasse-neige, de balayage de la neige, d'épandage de sable ou de soufflage de la neige selon la disponibilité des équipes. Lors des tempêtes de neige, les opérations du côté piste ont priorité sur les opérations du côté aérogare. La piste en service était considérée comme une zone de première priorité. Chaque véhicule de piste était équipé d'une radio VHF. Le contrôle des véhicules de piste était effectué sur la fréquence de contrôle sol de 121,9 MHz. Les communications entre les véhicules de piste se faisaient sur la fréquence sol et les véhicules n'étaient pas à l'écoute de la fréquence de la tour (118,3 MHz) lorsque les opérations de déneigement étaient en cours.

Les deux conducteurs présents sur la piste au moment de l'incident étaient titulaires d'un permis d'exploitation de véhicules côté piste sans restriction et d'un certificat à usage restreint de radiotéléphonie (annotation aéronautique). L'un des deux était conducteur de véhicule à l'aéroport depuis 15 ans et l'autre depuis 10 ans. Rien ne permet de croire que le rendement des deux conducteurs aurait pu être un facteur contributif au présent incident.

Renseignements sur les pilotes

	Commandant de bord	**Copilote**
Licence de pilote	Pilote de ligne	Pilote de ligne
Date d'expiration du certificat de validation	1er avril 2009	1er mai 2009
Heures de vol totales	17 000	3800
Heures de vol sur type	1000	700
Heures de vol dans les 90 derniers jours	168	146
Heures de vol sur type dans les 90 derniers jours	168	146
Heures de service avant l'événement	8	8
Période libre avant la prise de service	15 heures	15 heures

Généralités sur l'équipage de conduite

Deux jours avant l'incident, le commandant de bord et le copilote avaient amorcé une période de jumelage de 4 jours. Le jumelage avait commencé à 6 h 30 le mercredi 4 mars 2009 et devait se terminer à 17 h le samedi 7 mars 2009. Avant ce jumelage, le commandant de bord et le copilote n'avaient jamais piloté ensemble, et le copilote n'avait volé qu'un seul jour au cours des 3 semaines ayant précédé ce jumelage. Pendant les 2 jours précédant l'incident, l'équipage avait effectué 2 vols de Vancouver à Whitehorse et ces 2 vols étaient les seuls que le copilote avait effectués à destination de Whitehorse. Au cours de ces 2 vols, il régnait à l'arrivée des conditions météorologiques conformes aux règles de vol à vue (VFR) et le trafic IFR était léger.

Les deux membres de l'équipage de conduite avaient eu l'occasion de se reposer suffisamment au cours de la nuit précédente et ni la fatigue ni les heures de service ne sont un facteur contributif. Le 5 mars, leur période de service s'était terminée à 15 h et les deux pilotes avaient passé la nuit à Whitehorse. Le 6 mars, leur période de service avait commencé à 6 h et ils avaient quitté Whitehorse à destination de Vancouver vers 7 h. Les deux pilotes avaient satisfait à toutes les exigences de formation initiale, de requalification et de formation périodique de Jazz, dont une formation en gestion des ressources de l'équipage (CRM) et un entraînement type vol de ligne.

Renseignements sur le commandant de bord

La compagnie Air Canada Jazz a été formée en 2002 par la consolidation de 4 compagnies aériennes régionales plus petites, dont Air BC. Le commandant de bord avait travaillé comme pilote, d'abord pour Air BC et ensuite pour Jazz, depuis 22 ans. Il était titulaire d'une licence de pilote de ligne (ATPL) qui avait été émise par Transports Canada le 30 novembre 1981, et qui était valide pour les avions et hydravions monomoteurs et multimoteurs. La licence était annotée pour le Bombardier CL65, le de Havilland DH7 et le de Havilland DH8. Le commandant de bord totalisait quelque 17 000 heures de vol, dont environ 1000 heures sur le RJ705, appareil qu'il pilotait depuis le mois d'octobre 2007. Il possédait une vaste expérience du vol IFR dans les régions côtières et montagneuses. Au cours de sa carrière, il s'était rendu à Whitehorse à environ 20 reprises.

Renseignements sur le copilote

Le copilote était titulaire d'une ATPL émise par Transports Canada le 17 juin 2003, qui était valide pour les avions et hydravions monomoteurs et multimoteurs et qui était annotée pour le CL65. Le copilote avait entrepris sa formation au pilotage en 1996 et avait obtenu une licence de pilote privé en 1997, une annotation pour hydravions en 1997, une licence de pilote professionnel, une qualification multimoteurs et une qualification pour le vol aux instruments en 1998. Le copilote totalisait quelque 3800 heures de vol, dont environ 700 heures sur le RJ705.

Le copilote avait été engagé par Air Canada Jazz, à titre de copilote sur le RJ, en janvier 2008. Il avait été transféré de la base de Toronto à celle de Calgary en juillet 2008, et de la base de Calgary à celle de Vancouver le 2 mars 2009.

Le copilote avait acquis une expérience limitée du vol IFR sur des avions à turbine multimoteurs pendant sa formation comme copilote professionnel pour une compagnie de transport de marchandises des États-Unis exploitée en vertu de la FAR Part 135. Il totalisait également quelque 1000 heures de vol VFR à titre de copilote sur des Twin Otter. Le copilote avait une expérience limitée des opérations canadiennes dans le Nord, surtout dans un espace aérien de procédures non radar en région montagneuse. Le dossier du copilote indiquait qu'il avait échoué 4 vérifications en vol VFR sur dix. Les dossiers de Transports Canada sur ces échecs antérieurs n'avaient pas été mis à la disposition de Jazz au moment de l'embauche du copilote.

Charge de travail de l'équipage de conduite pendant l'approche

L'ACC d'Edmonton devait assurer l'espacement des 4 aéronefs à l'arrivée au moyen de mesures de contrôle aux procédures, et on a demandé au vol de fournir plusieurs rapports d'altitude et de position DME pendant sa descente vers ELTAG. De même, entre le début de sa descente vers ELTAG et son atterrissage, on a délivré au vol des instructions d'attente à l'entrée supplémentaire ainsi que 7 autorisations, ce qui a augmenté la charge de travail de l'équipage de conduite en ce qui a trait aux communications.

L'équipage de conduite a discuté pour la première fois de l'utilisation du HGS pour l'approche alors qu'il se trouvait à quelque 100 milles de Whitehorse. Le commandant de bord a commencé à piloter manuellement l'avion, à l'aide du HGS, à peu près au moment où le copilote a contacté la tour de Whitehorse, et il a poursuivi le pilotage manuel pendant toute l'approche. Le commandant de bord a eu l'impression de devoir consacrer pratiquement toute sa concentration au pilotage manuel de l'avion à l'aide du HGS. Par le passé, le commandant de bord avait utilisé occasionnellement le HGS, comme lors de certaines approches par faible visibilité, et il totalisait entre 300 et 400 heures d'expérience de pilotage avec le HGS.

Le vol en cause était le premier vol non en simulateur auquel le copilote participait où l'on devait exécuter une approche à l'aide du HGS dans des conditions proches des conditions IFR minimales. Tous les autres vols réels avec approches HGS auxquels le copilote avait participé s'étaient déroulés dans des conditions VFR. Qu'il s'agisse d'une approche à l'aide d'un directeur de vol, d'un pilote automatique ou d'un HGS, les tâches, les annonces et la charge de travail totale du PNF sont normalement semblables. Au cours de l'approche en cause, les tâches du copilote, à titre de PNF, consistaient à surveiller l'évolution de l'approche et à assurer les communications avec l'ATC.

Pour l'approche en question, on a réglé le HGS sur le mode A1, lequel est utilisé pour les approches ILS avec pilotage manuel et les atterrissages dans les conditions minimales de la CAT 1[13]. En mode A1, l'affichage du viseur est désencombré et il ne fournit pas les indications de passage aux radiophares. L'annexe D présente les modes d'affichage primaire et A1 du HGS.

---

13 Référence : Canada Air Pilot - Procédures aux instruments, Généralités : Pour une approche aux instruments de Catégorie 1 (CAT 1) une visibilité au sol d'au moins ¼ mille terrestre ou une visibilité de piste de 1200 pieds, une hauteur de décision non inférieure à 200 pieds au-dessus de la zone de toucher des roues.

Le viseur aurait pu afficher les distances DME si elles avaient été disponibles, mais ce n'était pas le cas au cours de l'approche en cause, car l'équipage n'avait pas syntonisé le VOR/DME de Whitehorse et le radiophare d'alignement de piste ne fournissait pas les distances DME.

Avant d'amorcer l'approche, l'équipage de conduite avait téléchargé dans le FMS l'approche ILS pour la piste 31L de Whitehorse à partir de la base de données du FMS. Dans cette configuration, la distance par rapport au seuil devait être calculée après le passage de l'avion à ELTAG. La distance restante devait être affichée sur les deux CDU.

Avant que l'avion se soit stabilisé en approche, l'affichage du HGS s'est éteint et s'est rallumé rapidement à 4 reprises pendant la descente et l'attente. À chaque fois, le commandant de bord a retiré le viseur et l'a remis en place afin de le réinitialiser, et le clignotement a arrêté. Le copilote était préoccupé par le mauvais fonctionnement du HGS pendant l'approche.

Après l'incident, la défectuosité du HGS n'a pas été consignée dans les dossiers de l'aéronef et on n'a pas vérifié les codes de défaillances ou d'erreurs que le système aurait pu enregistrer. L'examen des dossiers de maintenance de l'avion pour la période comprise entre le 1er janvier et le 31 juillet 2009 a révélé que 4 défectuosités avaient été consignées à l'égard du HGS. Le 5 juillet 2009, on a remplacé l'élément supérieur du HGS parce que le voyant de panne du HGS s'allumait par intermittence et que l'affichage apparaissait et disparaissait. On a envoyé l'élément supérieur du HGS au fabricant pour qu'il procède à des essais et répare l'appareil, mais les essais n'ont pas permis au fabricant de reproduire la défectuosité signalée.

Renseignements sur le contrôleur aérien de relève

Poste du contrôleur	Contrôleur aéroport/sol
Licence	Aéroport
Date d'expiration du certificat de validation	1er avril 2009
Expérience -comme contrôleur -dans l'unité actuelle	 11 ans 7,5 ans
Heures de service avant l'événement	1 heure
Période libre avant la prise de service	22 heures

Le contrôleur aérien de relève était titulaire d'une licence de contrôleur de la circulation aérienne émise par Transports Canada le 17 février 1998. Il s'était joint à NAV CANADA en juillet 1997 et, à l'exception d'une période de 8 mois à la tour d'Ottawa en 2006, il avait occupé principalement un poste à Whitehorse depuis août 2001. Le contrôleur aérien de relève avait terminé une formation périodique le 21 avril 2008.

Au cours des 2 dernières années, le contrôleur aérien de relève avait été en cause dans 3 incidents reliés à l'ATC à Whitehorse. Un incident portait sur un conflit potentiel entre un aéronef à l'atterrissage et un véhicule, alors que les 2 autres portaient sur un conflit potentiel

entre 2 aéronefs à l'atterrissage. NAV CANADA avait effectué une enquête sur la sécurité de l'exploitation (OSI) interne sur chacun de ces 3 incidents. Les deux plus récents rapports d'enquête mentionnaient que le contrôleur de relève avait fait l'objet de counseling et d'une vérification de confiance avant de reprendre le service.

Le contrôleur aérien de relève était éveillé depuis environ 5 heures avant l'incident, après avoir bénéficié d'une période de repos de 22 heures. Il s'était présenté au travail à 13 h et on lui a donné un exposé de transfert de poste qui a débuté à 13 h 39 min 35. Il a assumé les postes combinés de contrôleur d'aéroport et sol aux environs de 13 h 40. Le contrôleur aérien de relève occupait le poste de contrôle depuis environ une minute lorsque JZA447 a pris contact avec la tour de Whitehorse pour la première fois. Au cours des quelques minutes qui ont suivi le contact initial avec JZA447, le contrôleur aérien de relève a supervisé le travail des conducteurs de véhicules de déneigement et leur a délivré des instructions sur la fréquence sol, tout en organisant son poste de travail, notamment les fiches de progression de vol, conformément à ses préférences personnelles.

Lorsque JZA447 a contacté la tour de Whitehorse pour la première fois, le contrôleur aérien de relève a cru, en se basant sur l'expérience qu'il avait des transferts de communication en provenance du centre d'Edmonton pour les aéronefs IFR à l'arrivée, que le vol se trouvait à une distance comprise entre 40 et 45 milles au sud de Whitehorse. Après le transfert de communication, le contrôleur aérien de relève avait l'intention d'établir sa connaissance de la situation en demandant au vol de se rapporter à 10 milles en finale, soit à 5 milles avant que l'avion ne pénètre à l'intérieur de la zone de contrôle de Whitehorse. On a estimé qu'il faudrait 10 minutes ou moins à l'avion pour passer d'un point situé entre 40 et 45 milles au sud de l'aéroport et un autre situé à 10 milles en finale. Le vol JZA447 a reçu l'instruction de faire un appel à 10 milles en finale à 13 h 41 et il a atterri 9 minutes plus tard à 13 h 50.

Le contrôleur aérien de relève donnait de façon routinière aux aéronefs IFR à l'arrivée l'instruction d'appeler à 10 milles en finale lorsque des opérations de déneigement étaient en cours sur la piste en service. Cette mesure assurait une période de battement de 3 à 4 minutes avant l'atterrissage, ce qu'il considérait comme étant un délai suffisant pour retirer tous les véhicules de déneigement de tout point sur la piste en service et pour émettre une autorisation d'atterrissage à l'aéronef à l'arrivée. Le contrôleur aérien de relève avait commencé à utiliser l'instruction « Appelez 10 milles en finale » alors qu'il travaillait comme contrôleur dans un aéroport de l'est du Canada de 1997 à 2000.

Les autres contrôleurs aériens de Whitehorse donnaient normalement aux aéronefs IFR à l'arrivée dans des conditions IFR l'instruction de se rapporter à ELTAG (repère situé sur la trajectoire du radiophare d'alignement de piste à 21 nm du seuil de la piste 31L), ou au radiophare Robinson (situé à 16,8 milles du seuil de la piste 31L), et de nouveau en passant le radiophare Klondike (situé à 4,2 milles du seuil de la piste 31L). Cette mesure assurait une période de battement de 5 à 7 minutes pour déplacer les véhicules hors de la piste et pour autoriser les aéronefs à atterrir. Les contrôleurs émettaient habituellement l'autorisation d'atterrissage après que l'aéronef s'était rapporté au radiophare Klondike.

Mémoire prospective

La mémoire prospective est la capacité de se souvenir de son intention d'entreprendre une action dans le futur. Cette action est typiquement une tâche qui ne devrait pas normalement être accomplie à ce moment précis du futur, mais qui doit l'être uniquement à cette occasion. Une tâche de mémoire prospective n'est pas une tâche apprise et, pour qu'elle puisse être effectuée comme prévu, elle devrait être associée à des indices de rappel qui ne sont pas reliés à la tâche primaire en cours[14].

Dismukes et Nowinski[15] définissent une tâche de mémoire prospective comme présentant trois caractéristiques :

1. une intention d'entreprendre une action dans le futur lorsque les circonstances le permettront;

2. un délai entre la formation de l'intention d'exécuter une tâche et son exécution proprement dite, délai qui est typiquement utilisé pour effectuer des activités sans rapport avec l'action remise à plus tard;

3. l'absence de tout indice explicite pour rappeler à l'individu qu'il est temps de se souvenir de ce qu'il avait à accomplir, l'individu doit s'en rappeler par lui-même.

La demande du contrôleur du secteur Whitehorse à JZA447 d'appeler en quittant 9000 pieds et la demande du contrôleur aérien de relève à JZA447 de se rapporter à 10 milles en finale sont deux exemples de tâches de mémoire prospective. Dans le premier exemple, le copilote a intégré la demande d'appel en quittant 9000 pieds à l'appel initial à la tour de Whitehorse. C'est un exemple d'indice de rappel de mémoire prospective (atteindre 9000 pieds) qui déclenche la tâche primaire de compléter le transfert de communication à la tour de Whitehorse. Dans le deuxième exemple, la demande d'appel à 10 milles en finale n'était reliée à aucun indice, visuel ou auditif, qui aurait permis au commandant de bord ou au copilote de s'en rappeler.

Conditions météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) émis à 13 h le 6 mars pour Whitehorse signalait les conditions météorologiques suivantes : vent du 340 degrés vrai (V) à 16 nœuds, visibilité de ½ mille terrestre (sm), portée visuelle de piste (RVR) pour la piste 31L de 3000 pieds, aucun changement de tendance, neige et poudrerie, visibilité verticale de 300 pieds, température de -7 °C, point de rosée de -10 °C, calage altimétrique de 29,44 pouces de mercure. Remarques : neige 8/8, pression au niveau de la mer 1016 hPa.

---

14 R. L. Marsh, J. L. Hicks et G. I. Cook, « On the relationship between effort toward an ongoing task and cue detection in event-based prospective memory », *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 31, 2005, 68 à 75.

15 K. Dismukes et J. Nowinski, « Prospective memory, concurrent task management and pilot error », *Attention : From Theory to Practice*, éd. par A. Kramer, D. Weigmann et A. Kirlik, Oxford University Press, 2007.

Un bulletin spécial émis à 13 h 10 indiquait les conditions suivantes : vent du 350 °V à 18 nœuds avec rafales à 30 nœuds, visibilité de ¾ sm, RVR pour la piste 31L de 3000 pieds, aucun changement de tendance, neige légère, visibilité verticale de 500 pieds. Remarques : neige 8/8.

Le METAR émis à 14 h indiquait les conditions suivantes : vent du 350 °V à 15 nœuds avec rafales à 24 nœuds, visibilité de ¾ sm, RVR pour la piste 31L de 4500 pieds, aucun changement de tendance, neige légère et poudrerie, visibilité verticale de 600 pieds, température de -8 °C, point de rosée de -12 °C, calage altimétrique de 29,47 pouces de mercure. Remarques : neige 8/8.

Procédures d'utilisation normalisées de Jazz

Le *Volume 2* du *Manuel d'utilisation d'aéronef (AOM) du CRJ* d'Air Canada Jazz fournit des lignes directrices sous la forme de procédures d'utilisation normalisées (SOP) pour les avions CRJ 100, 200 and 705 de Jazz. Les SOP sont des consignes sur la manière recommandée d'effectuer un vol. La rubrique 2.7.3 de l'*AOM* stipule que : [TRADUCTION] « Lorsque les conditions météorologique sont égales ou inférieures aux DH/MDA publiées et/ou à la visibilité en milles terrestres ou à la RVR mentionnées sur la carte d'approche, le commandant de bord doit effectuer l'approche à l'aide du HGS lorsqu'il est disponible. »

L'équipage de conduite a obtenu le bulletin météo de 13 h pour Whitehorse par l'intermédiaire du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS). Le METAR de 13 h pour Whitehorse indiquait que la visibilité de surface était d'un demi-mille terrestre, ce qui correspond à la visibilité minimale publiée en milles terrestres pour l'approche ILS de la piste 31L.

Il n'est pas obligatoire que les SOP contiennent des lignes directrices qui reproduiraient mot pour mot toutes les normes contenues dans le RAC. Par conséquent, les SOP de Jazz ne fournissaient pas de consignes spécifiques à l'égard des procédures de compte rendu pour les vols IFR dans les zones de contrôle en environnements non radar.

Réglementation et renseignements du Manuel d'information aéronautique sur les opérations dans une zone contrôlée

L'alinéa 602.96(3)g) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) exige que les pilotes qui évoluent dans le voisinage d'un aérodrome contrôlé obtiennent de l'unité de contrôle de la circulation aérienne compétente l'autorisation d'effectuer un atterrissage à cet aérodrome. Le *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada* (AIM de TC) contient de l'information sur les règles de l'air et les procédures de contrôle de la circulation aérienne pour les aéronefs qui évoluent à l'intérieur de l'espace aérien intérieur canadien. Dans l'AIM de TC, le terme « devrait » signifie que Transports Canada encourage tous les pilotes à se conformer à la procédure ou à la méthode visée. Le verbe « doit » signifie quant à lui que la procédure est obligatoire parce qu'elle est prescrite par le RAC.

La rubrique RAC 4.4.3 de l'AIM de TC stipule qu'aux aéroports contrôlés, le pilote doit obtenir une autorisation d'atterrissage avant d'atterrir et que, normalement, le contrôleur de l'aéroport accorde cette autorisation sans attendre la demande du pilote. L'AIM de TC stipule également que si le contrôleur ne prend pas cette initiative, il incombe au pilote de demander cette autorisation assez tôt en tenant compte des caractéristiques d'utilisation de son appareil. La même rubrique précise que l'autorisation d'atterrissage est normalement donnée lorsque l'aéronef est en approche finale et que si le pilote ne reçoit pas cette autorisation, il devrait, sauf en cas d'urgence, remonter et effectuer un autre circuit.

La rubrique RAC 9.8 de l'AIM de TC, qui fournit des consignes relatives au contact initial de l'équipage de conduite avec la tour de contrôle, stipule que si le pilote est en communication directe avec un centre de contrôle régional ou une unité de contrôle terminal, le contrôleur IFR lui dira quand il devra entrer en communication avec la tour et, sauf s'il suit des vecteurs radar jusqu'à l'approche finale, le pilote devrait informer la tour de son ETA pour l'installation d'approche relative à l'approche qu'il prévoit faire. Lorsqu'il transmet une ETA, le pilote devrait préciser le point du compte rendu, le repère ou l'installation auquel s'applique l'ETA. Aucun des deux membres de l'équipage de conduite en cause ne connaissait cette consigne.

La rubrique RAC 9.9 de l'AIM de TC, qui précise ce à quoi l'équipage de conduite peut s'attendre en matière de demandes de comptes rendus de position aux aéroports contrôlés, stipule que les pilotes qui effectuent une approche aux instruments ou un atterrissage à un aéroport contrôlé ne devraient fournir que les comptes rendus de position qu'exige l'unité de contrôle de la circulation aérienne pertinente. À titre d'exemple, les pilotes peuvent s'attendre à ce que l'ATC leur demande un compte rendu de position au repère d'approche finale (FAF) ou à une distance donnée en finale.

Renseignements supplémentaires du Jeppesen sur Whitehorse

Les équipages de conduite d'Air Canada Jazz reçoivent les cartes de navigation aéronautique Jeppesen. La carte d'approche Jeppesen pour les approches ILS ou LOC/NDB/DME de la piste 31L de Whitehorse se trouve à l'annexe A. Les reliures Jeppesen d'Air Canada Jazz contenaient des renseignements supplémentaires sur Whitehorse (voir l'annexe C). Ces renseignements stipulaient notamment que :

> [TRADUCTION]
> Présentement, Whitehorse est un environnement non radar. Un compte rendu de position à DUXAR sur la fréquence 126,7 est obligatoire. Fournir une estimation pour Whitehorse. Les équipages de conduite doivent savoir que l'environnement non radar peut causer des délais à l'arrivée lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises. Le centre d'Edmonton peut exiger de fréquents comptes rendus de distance DME pendant la descente. L'autorisation de descente/approche est délivrée par le centre d'Edmonton. Le contact est possible à partir d'une distance d'environ 150 nm de YXY. L'approche ILS peut être effectuée directement à partir des trajectoires de rapprochement couramment utilisées.

Essais et recherches

Le 14 avril 2009, on a procédé à des essais en simulateur des opérations d'approche et d'atterrissage à Whitehorse dans les installations de formation de CAE à Toronto[16]. Deux enquêteurs du BST et deux représentants du fabricant des HGS Rockwell-Collins étaient présents dans le cadre de l'enquête sur l'événement. Pour les essais, on a utilisé un simulateur d'entraînement des équipages de conduite du CRJ. Les essais avaient pour but d'analyser la charge de travail et les caractéristiques de connaissance de la situation du PF et du PNF dans les deux conditions d'approche suivantes :

- approche ILS en pilotage automatique jusqu'aux minimums, suivie d'un atterrissage manuel;
- approche ILS à l'aide du HGS et pilotage manuel à partir du point d'intersection de la trajectoire de descente jusqu'à l'atterrissage.

L'âge et l'expérience des membres des deux équipages d'Air Canada Jazz qui se sont portés volontaires pour les essais correspondaient à ceux de l'équipage en cause dans l'incident. Pendant les essais, les volontaires portaient tous un électrocardiogramme ambulatoire, connu sous le nom de moniteur Holter, afin de recueillir des données sur la charge de travail. Chaque équipage de deux pilotes a effectué une approche en pilotage automatique et une approche au HGS. Chaque simulation a reproduit le plus fidèlement possible les conditions présentes à Whitehorse, dont une séquence d'attente non familière et atypique et une longue approche sur une trajectoire de descente vers un aéroport sans guidage radar. Les conditions météorologiques simulées étaient semblables à celles présentes pendant l'approche en cause.

Les données des essais en simulateur ont révélé que l'approche vers Whitehorse dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) peut exposer les équipages de conduite à des charges de travail mental d'intensités modérée à élevée. De plus, la charge de travail liée au pilotage manuel de l'avion avec le HGS à partir du point d'intersection de la trajectoire de descente jusqu'à l'atterrissage variera selon l'équipage.

Les données ont également fourni des exemples de stratégies typiques de gestion de la charge de travail mental. Les équipages consolident et hiérarchisent les renseignements en fonction de leur importance perçue dans un contexte donné. En conditions de charges de travail mental d'intensités modérée à élevée, la stratégie de gestion de la charge de travail du PF a fait en sorte que ce dernier a répété de façon imprécise la séquence communiquée par la tour et qu'il s'est rappelé de façon incomplète des détails des communications ATC complexes.

Les données obtenues en simulateur par le BST laissent également croire que chaque membre d'équipage de conduite est dépendant dans une certaine mesure du degré de conscience des conditions opérationnelles que possède l'autre membre d'équipage. Les données n'ont toutefois pas permis d'établir de façon claire quelle influence ces connaissances pourraient ou devraient avoir sur les stratégies de communication de l'équipage.

---

16 Rapport du BST HF118/2009, Évaluation de la charge de travail de l'équipage du Canadair CL-600-2D15 (RJ 705), C-FDJZ.

Renseignements supplémentaires : solutions de rechange à la surveillance radar

Air Canada Jazz utilise environ 27 aéroports canadiens où la couverture radar jusqu'au sol n'est pas disponible et où on assure l'espacement entre les aéronefs IFR au moyen de procédures non radar.

Le radar est une technologie de surveillance de la circulation aérienne bien établie. NAV CANADA met présentement en œuvre deux nouvelles technologies de surveillance des aéronefs qui amélioreront la sécurité et l'efficacité des mouvements d'aéronef dans les régions du Canada qui sont actuellement dépourvues de couverture de surveillance radar à basse altitude[17]. Ces systèmes coûtent moins cher à installer et à entretenir que le radar traditionnel. NAV CANADA a annoncé que les deux systèmes serviront principalement à la surveillance en vol; toutefois, dans le cas d'aéronefs et de véhicules de piste dotés de l'équipement requis, les systèmes pourront également servir à la surveillance au sol. NAV CANADA a énergiquement exploré les régions de l'espace aérien canadien où cette nouvelle technologie pourrait améliorer le service offert, et Transports Canada appuie cette exploration.

La nouvelle technologie permet la transmission par satellite à des stations de surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) situées au sol de comptes rendus de position reçus d'aéronefs dûment équipés indiquant leur position GPS, leur identification, leur altitude ainsi que d'autres renseignements pertinents. L'information est ensuite traitée et affichée aux postes des contrôleurs de la circulation aérienne dans une image comprenant tous les aéronefs ayant fourni des comptes rendus dans un secteur donné. La technologie ADS-B ne nécessite qu'une infrastructure de soutien minimale comparativement à celle requise pour un emplacement radar type, ce qui permet de réduire significativement les coûts d'exploitation. Une limite de cette technologie est que les aéronefs doivent être dotés d'un équipement de radiodiffusion compatible avec les ADS-B. La technologie ADS-B est présentement approuvée pour la surveillance en route. La première étape de mise en œuvre des ADS-B au Canada est présentement en cours au-dessus de la baie d'Hudson. NAV CANADA et Transports Canada appliqueront les leçons tirées de ce projet aux prochains projets de la sorte à venir. La prochaine étape de mise en œuvre sera l'utilisation des ADS-B dans la région est de l'Arctique pour les vols qui empruntent l'espace aérien supérieur de l'Atlantique Nord à destination ou en provenance de l'Europe.

La multilatération à couverture étendue (MLAT) est une méthode de détection de la position d'un aéronef par triangulation à l'aide d'au moins 3 récepteurs au sol qui captent les signaux émis par le transpondeur de l'aéronef. Cette technologie est compatible avec tout aéronef équipé d'un transpondeur. Les coûts initiaux et d'exploitation de cette technologie sont faibles par rapport aux systèmes radar. Un désavantage est que les performances peuvent être compromises en terrains montagneux. Le 2 juillet 2009, Transports Canada a approuvé l'utilisation de la MLAT pour les régions où l'on peut présentement utiliser un radar secondaire

---

17 http://www.navcanada.ca/NavCanada.asp?Content=ContentDefinitionFiles\Newsroom\NewsReleases\2007\nr0212.xml

de surveillance, et elle a servi pour la première fois à Fort St. John (Colombie-Britannique) et dans le corridor Sea-to-Sky durant les Jeux olympiques.

Avant d'approuver l'installation de l'un ou l'autre de ces systèmes de surveillance dans toute région du Canada, NAV CANADA devra d'abord en déterminer la faisabilité en procédant à une étude aéronautique de gestion de risques conformément à la norme canadienne Q850. Au moment de l'incident, on ne prévoyait pas instaurer une technologie de surveillance alternative à Whitehorse.

Analyse

Mis à part le mauvais fonctionnement du viseur HGS qui s'est produit pendant que le vol était en attente à ELTAG, aucun problème n'a été rapporté par rapport à l'aéronef. De même, on n'avait signalé aucune défectuosité des aides à la radionavigation. Par conséquent, l'analyse portera sur les facteurs humains ayant contribué à l'incident.

Afin de réduire les risques associés aux opérations aériennes, le milieu de l'aviation fait généralement appel à un système intégré de divers mécanismes de vérifications et d'équilibre. Lorsque les risques sont gérés au moyen d'une seule couche de défense, comme lorsque l'on s'en remet à une seule personne pour la transmission ultérieure d'un renseignement critique, toute perte de mémoire ou écart par rapport à la pratique courante peut accroître les risques d'incident ou d'accident. Dans le présent incident, tant l'équipage que le contrôleur n'ont pas été pleinement conscients de la situation et ont éprouvé une baisse de rendement, ce qui a augmenté les risques liés aux opérations simultanées de balayage de la piste et d'atterrissage des aéronefs à Whitehorse. Ainsi, les mécanismes de défense secondaire qui auraient pu appuyer la couche de défense primaire n'étaient pas disponibles ou n'ont pas été utilisés.

L'équipage de conduite

On avait informé JZA447 que le service radar ne serait plus à sa disposition une fois que le vol aurait dépassé le point de compte rendu DUXAR. À partir de ce point, les services ATC allaient reposer sur des procédures non radar, ce qui comprenait les demandes fréquentes de l'ACC d'Edmonton de mises à jour d'altitude et de distance DME, ainsi que les changements répétitifs des autorisations à JZA447 pendant la descente. Toutefois, l'équipage de conduite n'a pas semblé avoir pris pleinement conscience des conséquences reliées au fait que l'aéroport de Whitehorse était contrôlé sans l'aide d'un radar. Ce manque de conscience de la situation a eu une influence sur la stratégie de communication de l'équipage. Au moment du contact initial avec la tour, l'équipage croyait que le contrôleur aérien de relève connaissait sa situation géographique, c'est pourquoi il n'a pas fourni de rapport de position, et cette supposition a été renforcée lorsque le contrôleur aérien de relève n'a pas exigé un tel rapport à ce moment-là.

Les données des essais en simulateur ont révélé que certains membres d'équipage peuvent ressentir une charge de travail plus lourde lorsqu'ils doivent effectuer une approche ILS vers la piste 31L de Whitehorse dans des conditions IMC. L'intensité avec laquelle l'équipage percevra l'augmentation de la charge de travail reposera sur des facteurs comme la préparation

personnelle, la connaissance de l'approche et des environs de l'aéroport, ainsi que tous autres facteurs opérationnels susceptibles de perturber les procédures habituelles, comme l'utilisation d'un système HGS.

Pendant l'approche, le commandant de bord a consacré toute son attention sur le pilotage manuel de l'approche ILS et la maîtrise de la stabilité du vol à l'aide du HGS. Le commandant de bord a accordé la priorité aux communications ATC qui portaient sur les conditions météorologiques et l'état de la piste. Alors que les deux CDU du FMS auraient fourni un compte à rebours de la distance de l'avion par rapport au seuil de piste une fois que l'appareil aurait franchi ELTAG, le viseur HGS en mode A1 n'a fourni aucune donnée de navigation sur la distance restante par rapport à la piste. Une fois que la décision d'effectuer une approche à l'aide du HGS a été prise, le copilote a été chargé de toutes les communications de JZA447 avec l'ATC, et il a subséquemment commis plusieurs erreurs de communication. La nature des erreurs commises par le copilote est typique de celles que l'on peut commettre dans une situation perçue de charge de travail élevée et de saturation des tâches.

Même si l'équipage a pu avoir la perception que la charge de travail pendant l'approche ILS était élevée, il est probable qu'elle était en réalité normale. L'approche entre le point d'interception de la trajectoire de descente et le point de toucher des roues était considérablement plus longue que de nombreuses autres approches, ce qui laissait à l'équipage plus de temps pour équilibrer l'avion et l'établir fermement sur la trajectoire de descente.

Après le contact initial avec la tour de Whitehorse, le contrôleur aérien de relève a fourni à JZA447 des renseignements sur le vent et le calage altimétrique, il lui a ensuite donné l'instruction de se rapporter à 10 milles, et il l'a averti que des opérations de balayage de la piste étaient en cours. L'instruction concernant l'appel à 10 milles était donc insérée entre deux renseignements importants sur la piste. Cette instruction comportait trois caractéristiques qui en faisaient une tâche de mémoire prospective :

- le copilote a montré qu'il avait l'intention d'exécuter l'instruction en accusant réception de celle-ci;
- il y avait un délai entre la formation de l'intention d'exécuter la tâche et son exécution proprement dite;
- il y avait absence de tout indice explicite pour rappeler au copilote qu'il était temps de se souvenir de ce qu'il avait à accomplir.

Le copilote connaissait relativement peu l'aéroport de Whitehorse et, par conséquent, il n'associait pas spontanément l'approche avec l'instruction de faire un compte rendu à 10 milles. Comme il s'agissait d'une tâche de mémoire prospective pour laquelle il ne disposait pas d'indice explicite, le copilote devait se fier entièrement à sa mémoire pour exécuter la tâche. De plus, le rendement et la conscience de la situation du copilote peuvent avoir été compromis par son manque de connaissance des procédures ATC dans un environnement non radar, par le fait qu'il saisissait mal l'importance d'informer la tour de Whitehorse de la proximité du vol par rapport à l'aéroport, par les avertissements de panne du HGS, et par la possibilité d'une remise des gaz importune.

En outre, l’équipage de conduite semble avoir classifié les instructions différemment des instructions précédentes de l’ACC d’Edmonton dont un bon nombre concernaient des modifications aux autorisations et leur exécution. L’équipage n’avait pas conscience que l’appel à 10 milles constituait l’élément déclencheur que le contrôleur aérien de relève attendait pour demander aux camions de balayage de dégager la piste et pour émettre ensuite une autorisation d’atterrissage. Le copilote a oublié de faire l’appel et, comme le HGS fournissait peu ou pas de renseignements de distance susceptibles d’aider le commandant de bord à se rendre compte de l’omission de cette transmission radio, le commandant de bord n’a pas relevé l’omission du copilote. Le risque engendré par l’omission du copilote de se rapporter à 10 milles de l’atterrissage aurait pu être partiellement atténué s’il y avait eu une exigence d’appel en passant au-dessus d’un repère publié sur la carte d’approche.

Le copilote s’est rendu compte avant le toucher des roues que le vol n’avait pas reçu d’autorisation d’atterrissage et il a tenté de communiquer ce renseignement au commandant de bord, mais ce dernier n’a pas assimilé cette information. L’équipage de conduite avait l’impression qu’il n’y avait ni véhicule, ni obstacle dans la zone de toucher des roues. Le commandant de bord, qui croyait que les camions demeureraient en attente jusqu’à ce que le vol ait atterri, a choisi d’atterrir sans que le vol ait reçu l’autorisation de le faire. Même si une autorisation d’atterrissage est normalement délivrée sans que l’équipage doive spécifiquement la demander, si une telle autorisation n’est pas délivrée, l’équipage a la responsabilité d’en faire la demande. Sans autorisation d’atterrir, le pilote doit faire une remise des gaz. L’équipage ignorait si d’autres véhicules de maintenance pouvaient se trouver sur la piste en dehors de son champ de vision. S’il y avait eu un autre véhicule sur la partie non visible de la piste, la décision de poursuivre l’atterrissage aurait exacerbé le risque de collision.

L’analyse détaillée de l’efficacité des techniques de CRM employées par l’équipage de conduite de JZA447 a été compromise par la perte des enregistrements du CVR. Les enregistrements de l’ATC ont permis d’analyser les communications qui ont eu lieu entre l’avion et l’ATC, mais si les données du CVR avaient été récupérées, il aurait été également possible de mieux comprendre les interactions entre les membres de l’équipage eux-mêmes et entre ces derniers et le contrôleur aérien.

Le contrôleur

Le contrôleur aérien relevé avait été informé par l’ACC d’Edmonton que JZA447 devait arriver au VOR de Whitehorse à 13 h 31. L’ETA a été inscrite sur la fiche de progression de vol conformément aux consignes du MANOPS ATC, sans référence à un repère. Le contrôleur aérien relevé avait également été informé par l’ACC d’Edmonton que JZA447 devrait se mettre en attente avant d’amorcer l’approche. Ce dernier renseignement n’a pas été inscrit sur la fiche de progression de vol et n’a pas été communiqué au contrôleur aérien de relève au moment de l’exposé de transfert de poste et, par conséquent, ce dernier ignorait ce fait au moment d’établir sa connaissance de la situation initiale. JZA447 a contacté la tour de Whitehorse environ une minute après que le contrôleur aérien de relève eut assumé le poste de contrôle, et il est probable que le contrôleur aérien de relève a concentré son attention au cours des quelques minutes suivantes à prendre connaissance de la situation concernant les véhicules présents sur la piste et à organiser son poste de travail.

Le transfert des communications entre l'ACC d'Edmonton et la tour de Whitehorse se produit souvent au moment où les aéronefs IFR en rapprochement se trouvent de 40 à 45 milles de Whitehorse. Au moment du transfert des communications, le contrôleur aérien de relève a donc supposé que l'avion en cause se trouvait à une distance de 40 à 45 milles de l'aéroport, plutôt que dans le circuit d'attente à ELTAG. Le modèle mental du contrôleur aérien de relève était fortement dominé par cette fausse supposition, au point où il semble ne pas avoir tenu compte de toutes les autres données qui étaient, ou qui auraient dues être, à sa disposition. Étant donné que l'approche se déroulait dans un environnement non radar, la seule façon pour le contrôleur aérien de relève de connaître avec précision la position du vol en tout temps après le transfert des communications était de communiquer par radio avec l'avion en cause. Même s'il s'agissait là d'un premier moyen de défense contre un risque de collision, le MANOPS ATC n'exigeait pas que les contrôleurs d'aéroport demandent un rapport de position au moment du contact initial. L'équipage n'a pas fourni spontanément un rapport de position au moment du contact initial et le contrôleur aérien de relève ne lui en a pas demandé. Le fait que le contrôleur aérien de relève a donné au vol l'instruction de se rapporter à 10 milles en finale laisse croire qu'il avait l'intention d'établir complètement la connaissance de la situation du vol au moment où il se trouverait à 5 milles à l'extérieur de la zone de contrôle de Whitehorse, plutôt qu'au contact initial. Ce plan répondait à toutes les exigences du MANOPS ATC.

Le contrôleur aérien de relève se fiait à son « horloge interne » pour estimer l'écoulement d'une période de 10 minutes et il s'attendait à ce que l'avion en cause se rapporte à 10 milles en finale dans les 10 minutes suivant le contact initial. Toutefois, l'horloge interne du contrôleur aérien de relève n'était pas une défense suffisante pour prévenir le présent incident, car l'avion se trouvait plus proche de l'aéroport d'au moins 20 milles que la distance estimée par le contrôleur aérien de relève lorsqu'il a mis en route son horloge interne.

Opérations ATC à Whitehorse

Plusieurs procédures et anomalies des opérations ATC ont joué un rôle dans le présent événement :

- Les transferts de communication entre l'ACC d'Edmonton et la tour de Whitehorse ne se faisaient pas conformément aux dispositions de l'Arrangement inter-unités en vigueur entre les deux installations, ce qui faisait que la position des aéronefs était très variable lors du transfert de communications, et qui créait des situations ambiguës.

- Le contrôleur aérien de relève n'a pas établi la position de JZA447 au moment du contact initial, et il n'était pas tenu de le faire en vertu du MANOPS ATC. Le contrôleur aérien de relève a supposé que JZA447 se trouvait à 45 nm de l'aéroport, ce qui a entraîné une évaluation imprécise de la durée qui restait au vol avant son arrivée à l'aéroport.

- Lors de l'exposé de transfert de poste, on n'a pas communiqué au contrôleur aérien de relève le fait que JZA447 devait se mettre en attente à l'arrivée.

- La fiche de progression de vol ne contenait aucun renseignement concernant l'attente, ni aucune ETA par rapport à un repère ou à l'aéroport pour JZA447. L'absence de ces renseignements a réduit les possibilités que le contrôleur aérien de relève puisse établir une connaissance de la situation initiale précise, et a fait en sorte qu'il maintienne sa supposition que l'avion se trouvait à 45 nm de l'aéroport.

- Même si les techniques visant à permettre aux contrôleurs d'acquérir et de maintenir la connaissance de la situation étaient enseignées lors de la formation de base et pendant la phase de qualification sur place de la formation, il y avait d'importantes différences dans la façon dont le contrôleur aérien de relève, comparativement aux autres contrôleurs aériens de Whitehorse, avait l'habitude de traiter les vols IFR à l'arrivée dans les conditions IFR. Le risque que des erreurs se produisent en raison de renseignements manquants ou ambigus était plus élevé après les transferts de poste.

Le contrôleur aérien de relève s'en remettait entièrement à l'instruction qu'il avait donnée à JZA447 de se rapporter à 10 nm en finale en vue d'établir sa connaissance de la situation avant que l'avion ne pénètre dans la zone de contrôle de Whitehorse. Lorsque l'équipage de JZA447 a omis de faire l'appel à 10 nm, le contrôleur aérien de relève n'a pas reçu l'élément déclencheur nécessaire pour émettre une autorisation d'atterrissage.

Mémoire prospective

Des tâches de mémoire prospective sans indice explicite et une prise de décision fondée sur des modèles mentaux non coordonnés entre la tour de Whitehorse et JZA447 ont été des facteurs contributifs au présent incident. Il y avait deux instructions ATC qui mettaient en cause des tâches de mémoire prospective pour l'équipage de conduite. La première était la demande du centre d'Edmonton que JZA447 fasse rapport en atteignant 9000 pieds asl, à l'aide de la deuxième radio, une fois que le transfert de communication aurait eu lieu. L'indice de rappel de mémoire prospective relié à cette demande était l'atteinte des 9000 pieds. La deuxième tâche de mémoire prospective était la demande du contrôleur aérien de relève que JZA447 fasse un appel à 10 milles en finale. Comme les demandes n'étaient liées à aucun indice visuel ou auditif pour le commandant de bord ou le copilote, le copilote a manqué les deux appels et le commandant de bord ne s'est pas rendu compte de ces omissions.

Modèles mentaux

Les modèles mentaux de l'équipage de conduite et du contrôleur aérien de relève ne correspondaient pas en ce qui a trait à l'emplacement du vol. Au moment où le transfert de communication entre le centre d'Edmonton et la tour de Whitehorse a eu lieu, l'équipage de conduite a supposé que la tour connaissait sa position et son ETA. En outre, comme le vol avait déjà reçu une autorisation d'approche, l'équipage croyait qu'il n'y avait aucun véhicule sur la piste, ce qui démontre sa mauvaise compréhension des différences qui existent entre une autorisation d'approche et une autorisation d'atterrissage en ce qui a trait à l'état de la piste en service.

À certains égards, l'équipage de conduite considérait l'approche vers Whitehorse comme s'il s'agissait d'une approche contrôlée au radar. En effet, dans un environnement radar, les équipages de conduite ne fournissent pas normalement de rapport de position et d'ETA, sauf si le contrôleur en fait la demande. Par conséquent, l'équipage de conduite n'avait pas conscience de l'importance du compte rendu de position à 10 milles en finale comme indice pour le contrôleur aérien de relève qu'il était temps de demander aux camions de libérer la piste et d'émettre l'autorisation d'atterrissage.

L'instruction que le contrôleur aérien de relève a donné au vol de se rapporter à 10 nm en finale laisse croire que le contrôleur aérien de relève avait l'intention d'établir complètement la connaissance de la situation à propos du vol lorsque ce dernier se serait trouvé à 5 milles à l'extérieur de la zone de contrôle de Whitehorse, ce qui lui aurait fourni suffisamment de temps pour faire retirer en toute sécurité les camions de déneigement de la piste en service. En l'absence de communications claires, il était impossible pour l'équipage de conduite et le contrôleur aérien de relève d'établir une vue commune de la situation.

Enquêtes sur la sécurité de l'exploitation interne de NAV CANADA

Les OSI de NAV CANADA qui avaient été effectuées à la suite des incidents précédents mettant en cause le même contrôleur semblent avoir porté principalement sur le rendement individuel du contrôleur, sans apparemment s'intéresser aux lacunes potentielles des opérations et procédures de l'unité.

Solutions technologiques de rechange pour l'ATC

Des solutions de rechange moins coûteuses que la surveillance radar, comme la multilatération à couverture étendue (MLAT) et la technologie ADS-B, pourraient être des outils efficaces pour améliorer la connaissance de la situation du contrôleur aérien par rapport au trafic aérien et pour diminuer le risque de collision entre les aéronefs qui arrivent et les véhicules de piste dans des environnements non radar comme celui de Whitehorse.

Le rapport sur les facteurs humains du BST suivant a été rédigé dans le cadre de la présente enquête :

Charge de travail de l'équipage, modèles mentaux et mémoire prospective.

On peut obtenir ce rapport en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Les transferts de communication entre le Centre de contrôle régional (ACC) d'Edmonton et la tour de Whitehorse ne se sont pas déroulés conformément aux dispositions de l'Arrangement inter-unités en vigueur entre les deux installations, ce qui a entraîné un important écart d'interprétation quant à la position de l'avion au moment du transfert de communication.

2. Le contrôleur aérien de relève n'a pas établi la position de JZA447 lors du contact initial. Il a supposé que JZA447 se trouvait à 45 nm de l'aéroport, ce qui a entraîné une évaluation imprécise du temps qu'il restait avant l'arrivée de l'avion à l'aéroport.

3. L'information voulant que JZA447 allait devoir se mettre en attente n'a pas été communiquée au contrôleur aérien de relève lors de l'exposé de transfert de poste. En outre, la fiche de progression de vol ne contenait aucun renseignement concernant l'attente, ni aucune heure d'arrivée prévue (ETA) par rapport à un repère ou à l'aéroport pour JZA447. Ce manque d'information a réduit les possibilités que le contrôleur aérien de relève puisse établir une connaissance de la situation initiale précise, et a fait en sorte qu'il maintienne sa supposition que l'avion se trouvait à 45 nm de l'aéroport.

4. Les modèles mentaux de l'équipage de conduite et du contrôleur aérien de Whitehorse ne correspondaient pas. L'équipage a cru que le contrôleur de Whitehorse connaissait sa position lorsque la communication a été établie avec la tour et qu'on ne lui a pas demandé de préciser sa position actuelle.

5. Une fois que la décision d'effectuer une approche à l'aide du système de guidage tête haute (HGS) a été prise, le copilote a été chargé d'effectuer toutes les communications ATC de JZA447 et il a subséquemment commis plusieurs erreurs de communication. Ces erreurs étaient typiques de celles que l'on peut commettre dans une situation de saturation des tâches.

6. L'instruction de la tour de Whitehorse voulant que le vol se rapporte à 10 milles en finale est devenue une tâche de mémoire prospective sans indice explicite pour rappeler au copilote ce qu'il devait faire. En outre, l'équipage de conduite n'avait pas conscience que l'appel à 10 milles constituait l'élément déclencheur que le contrôleur aérien de relève attendait pour demander aux camions de déneigement de dégager la piste et pour émettre ensuite une autorisation d'atterrissage, et il a omis de se rapporter.

7. Le contrôleur aérien de relève s'en remettait entièrement à l'instruction qu'il avait donné à JZA447 de se rapporter à 10 milles en finale pour établir sa connaissance de la situation avant que l'avion ne pénètre dans la zone de contrôle de Whitehorse. Lorsque l'équipage de JZA447 ne s'est pas conformé à l'instruction de se rapporter à 10 milles en finale, le contrôleur aérien de relève n'a pas reçu l'élément déclencheur nécessaire pour émettre une autorisation d'atterrissage.

8. La perception qu'avait l'équipage de conduite qu'une autorisation d'approche signifiait qu'il n'y avait aucun véhicule sur la piste laisse croire qu'il comprenait mal les différences entre une autorisation d'approche et une autorisation d'atterrissage en ce qui a trait à l'état de la piste en service.

9. L'équipage de conduite croyait qu'il n'y avait aucun véhicule ni aucun obstacle dans la zone de toucher des roues. Le commandant de bord, qui croyait que les camions demeureraient en attente jusqu'à ce que le vol ait atterri, a choisi d'atterrir sans que le vol ait reçu l'autorisation de le faire.

Faits établis quant aux risques

1. Il y avait des différences dans la façon dont le contrôleur aérien de relève, comparativement aux autres contrôleurs aériens de Whitehorse, avait l'habitude de traiter les vols IFR à l'arrivée, ce qui risquait d'engendrer des situations ambiguës selon le contrôleur en poste, surtout lors des transferts de communications.

2. Les ressources de concentration d'un pilote aux commandes (PF) peuvent être saturées, dans une situation perçue de charge de travail modérée à élevée, lors du pilotage manuel d'une approche à l'aide du HGS en conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC), ce qui peut réduire considérablement la capacité du PF à surveiller les communications radio et à appuyer le pilote non aux commandes (PNF).

3. Pour être en mesure de bien évaluer les candidats à un poste de pilote, les exploitants doivent avoir accès à des renseignements concernant l'expérience et le rendement des candidats qui soient factuels, objectifs et (idéalement) normalisés. Les dossiers de pilote consignés par Transports Canada ne sont pas mis à la disposition des employeurs. Cette situation pourrait entraîner la nomination de pilotes à des postes qui ne leur conviennent pas, ce qui pourrait compromettre la sécurité.

4. L'équipage ignorait si d'autres véhicules de maintenance pouvaient se trouver sur la piste en dehors de son champ de vision. S'il y avait eu un autre véhicule sur la partie non visible de la piste, la décision de poursuivre l'atterrissage aurait exacerbé le risque de collision.

Autres faits établis

1. Les données de l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) n'ont pas été protégées après l'incident et ce dernier n'a pas été signalé au Bureau de la sécurité des transports (BST) par le moyen le plus rapide disponible, ce qui a entraîné la perte d'éléments de preuve qui auraient pu être utiles à l'enquête.

2. La multilatération à couverture étendue (MLAT) et la technologie de la surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) pourraient être des outils efficaces pour améliorer la connaissance de la situation du contrôleur aérien par rapport au trafic aérien et pour diminuer le risque de collision entre les aéronefs à l'arrivée et les véhicules de piste dans des environnements non radar.

Mesures de sécurité prises

NAV CANADA

Le 15 mai 2009, à la suite du présent incident, NAV CANADA a émis la lettre d'exploitation de la tour de contrôle de Whitehorse 09-04. La lettre stipulait que la procédure suivante allait être mise en vigueur :

> Au moment du contact initial, en plus des renseignements habituels (p. ex. immatriculation, type et altitude de l'aéronef), il faut également obtenir de l'équipage de conduite :
>
> - un rapport de position des aéronefs VFR et IFR qui peut inclure un point de compte rendu VFR, une aide à la navigation IFR ou une distance (DME ou GPS) par rapport à une aide à la navigation IFR;
> - des aéronefs IFR, une ETA pour l'aéroport.

Transports Canada

Transports Canada a entrepris, dans le cadre du plan de surveillance de la Direction des opérations nationales, de surveiller la tour de Whitehorse et les autres unités situées dans des environnements non radar ou non contrôlés, afin de déceler les problèmes systémiques potentiels reliés aux protocoles de communication et à la façon dont tous les contrôleurs de la circulation aérienne appliquent ces protocoles.

Air Canada Jazz

Air Canada Jazz a pris les mesures de sécurité suivantes :

- Insister davantage sur l'utilisation du HGS pour la flotte des CRJ. Le 1er novembre 2009, on a modifié le manuel d'utilisation du CRJ pour stipuler que le commandant de bord doit utiliser le HGS, lorsqu'il est disponible, pour toutes les phases du vol, tant à titre de PF que de PNF.

- Le 11 juin 2010, on a publié la nouvelle Section 7.3.6 du manuel de contrôle des opérations aériennes (procédure de suivi d'emploi des pilotes nouvellement engagés). Cette procédure décrit le processus visant à évaluer le rendement des nouveaux pilotes et à valider l'efficacité de la formation.

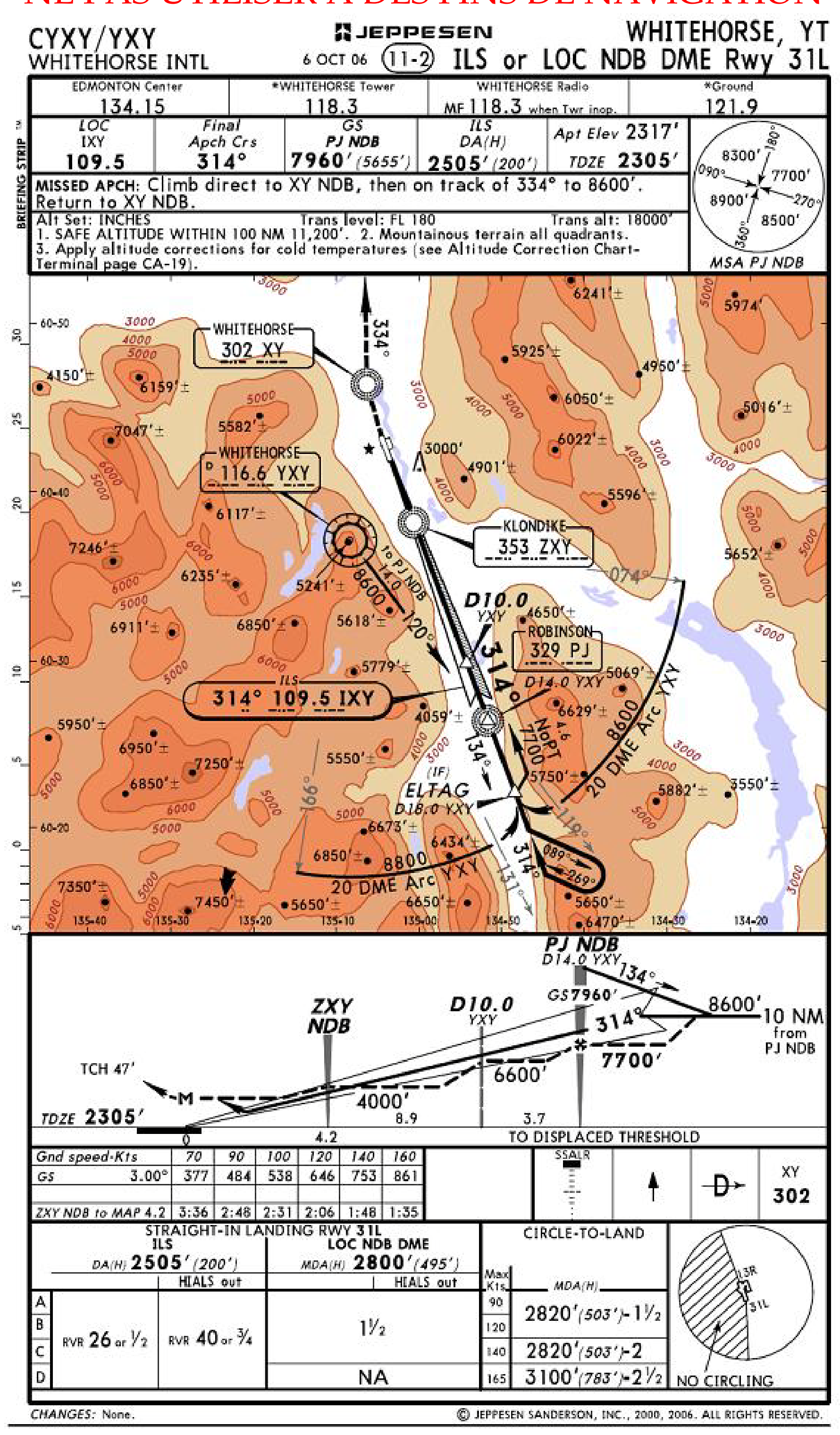
- Une formation périodique sur les opérations aux aéroports non contrôlés a été ajoutée comme élément avant exposé. La formation portera notamment sur les procédures publiées dans l'AIM et mentionnera également le langage à venir dans le COM en ce qui a trait aux renseignements supplémentaires devant être communiqués à l'ATS.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 20 juillet 2010.

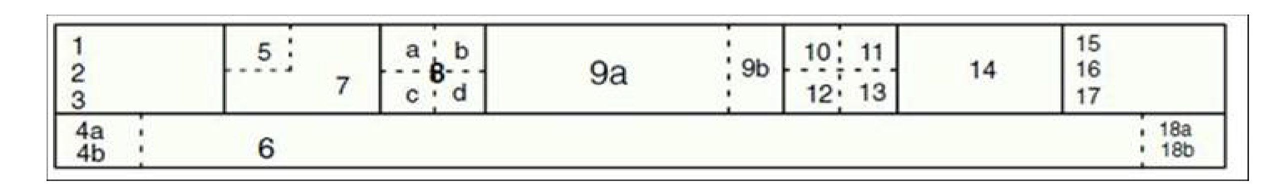
Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web (www.bst-tsb.gc.ca). Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A – Jeppesen ILS ou LOC/NDB/DME Piste 31L

NE PAS UTILISER À DES FINS DE NAVIGATION



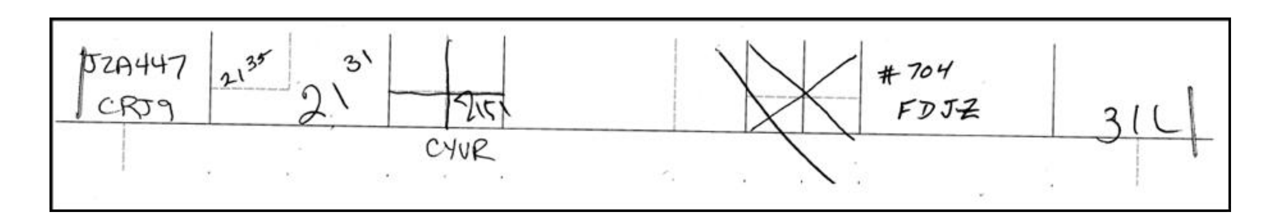
Annexe B – Fiches de progression de vol utilisées par la tour



Référence : Schéma des fiches de données de la tour de contrôle à l'article 912.1 du MANOPS ATC

Légende (Référence : 912 MANOPS ATC RÉDACTION DES FICHES DE TOUR) :

Case 1 --- Identification d'aéronef
Case 2 --- Type d'aéronef
Case 3 --- Vitesse, si nécessaire
Case 4a --- Code du radar secondaire de surveillance (SSR)
Case 4b --- Catégorie de plan de vol
Case 5 --- Heure de départ proposée, sur une fiche de départ
Case 6 --- Autre information de route
Case 7 --- Arrivée IFR estimée en rapprochement
Case 8 d --- Heure actuelle d'arrivée (pour les arrivées, tracez une croix sur les lignes pointillées et inscrivez l'heure actuelle d'arrivée)
Case 9a --- Départ IFR - altitude
Case 9b --- VFR - dernier rappel d'altitude ou l'altitude assignée
Cases 10 à 13 --- Genre d'opération (posé-décollé, arrêt-décollé, plan de vol, etc.)
Case 14 --- Données de contrôle et information pertinente
Cases 15 à 17 --- Numéro de piste, code pour le type d'exploitation d'aéronef, autre information, telle que précisée dans une directive d'unité
Case 18 --- Code ATIS



Fiche de données de la tour pour JZA447 telle que remplie par les contrôleurs aériens de Whitehorse

Annexe C – Extraits des renseignements sur l'aéroport tirés du Jeppesen

Ce document est disponible en anglais seulement.

AIRPORT NOTES

4. OVERVIEW

a. The Whitehorse airport is located just to the west of the city on a level plateau approximately 225 feet above and parallel to the Yukon River. The Yukon River Valley, itself, is oriented along a north-south axis with large lakes and low, densely treed hills extending along its broad relatively flat floor. Lake Laberge lies 20 NM to the north and Marsh Lake 20 NM to the southeast. Mountain ranges rise on either side of the valley, reaching heights of over 6000 ASL at 15 NM to the southwest, 7 NM to the east and 30 NM to the northwest of the airport.

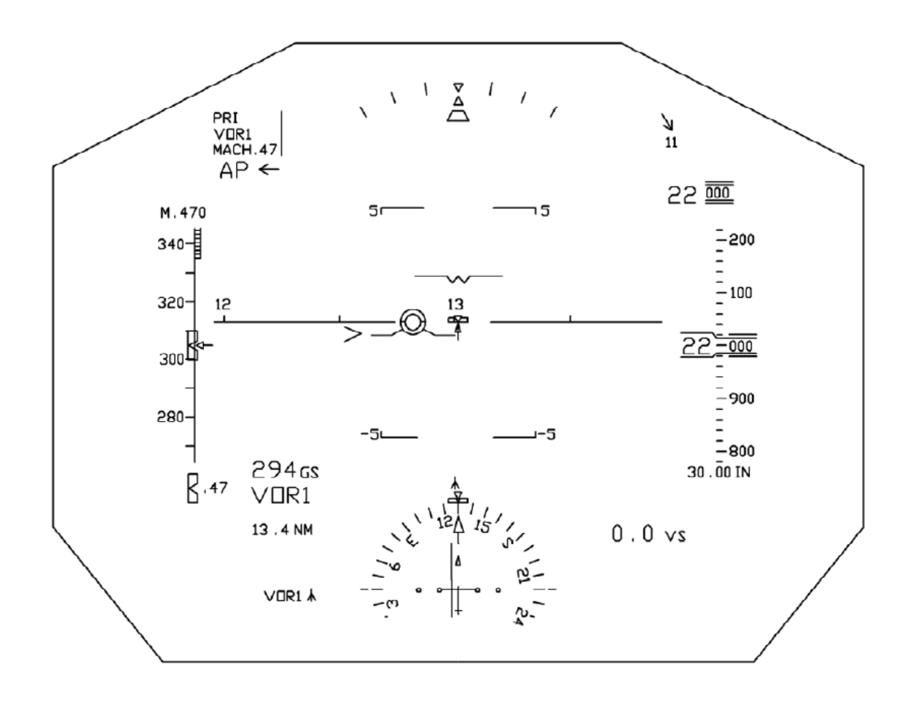
ARRIVAL CONSIDERATIONS

1. At the present time, Whitehorse is a non-radar environment. Position reporting at DUXAR on 126.7 is required. Provide an estimate for Whitehorse. Crews should be aware that the non-radar environment may result in arrival delays during poor weather conditions. Edmonton Center may require frequent DME information during your descent. Descent/approach clearance is issued by Edmonton Center. Contact is possible within about 150 NM of YXY. The ILS can be flown directly from the commonly used inbound tracks.

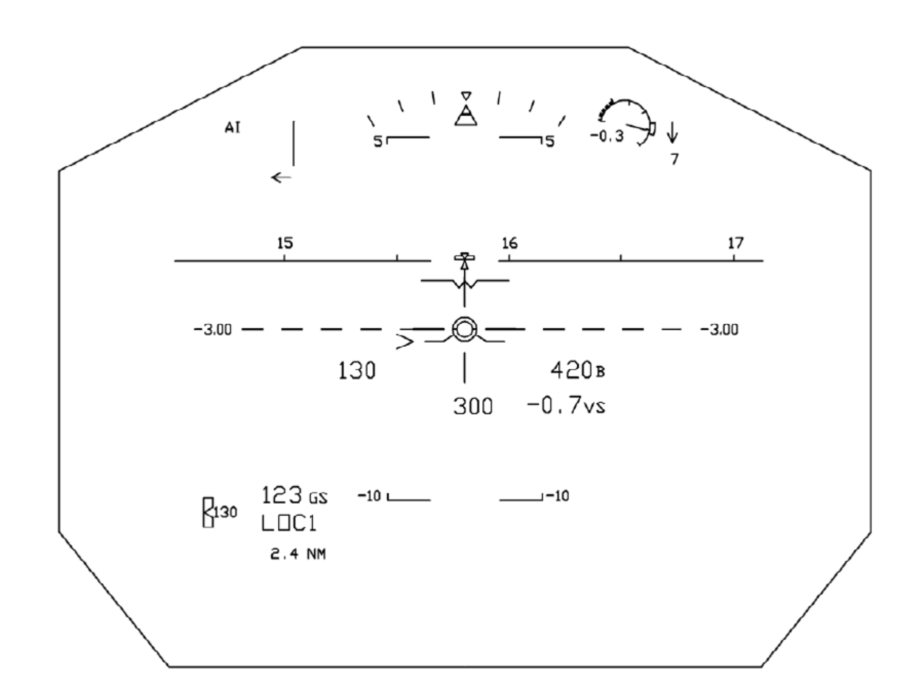
2. The preferred runway is 31L since it has the only ILS approach available at the airport. There is a LOC/BC approach to RWY 13R. Doing the ILS to RWY 31L with a visual downwind for 13R is the best approach if weather permits. RWY 13R has an upslope gradient of 0.42%. When on final approach to RWY 13R the upslope gradient as well as the lower terrain over the approach, gives the illusion of being high. Use the PAPI to verify the flight path. In moderate winds expect a momentary drop of 5 to 10 knots in airspeed when passing the gully which crosses the approach lights.

3. Due to high terrain surrounding the airport, it is critical that proper temperature corrections are applied to altitudes when the surface temperature is below 0 degrees C.

Annexe D – Modes d'affichage du HGS4200 Rockwell Collins



Mode d'affichage primaire (PRI) du HGS en vol (exemple)



Mode d'affichage AI du HGS en approche (exemple)